

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Hornicko-geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

Studijní program: N2102 Nerostné suroviny

Studijní obor: 2102T006 Technologie a hospodaření s vodou



**Zapojení řeky Opavy do městského prostoru a „humanizace“
jejího průtočného profilu přes město Opavu**

**Involvement of the Opava River in the urban area and the
"humanization" of the flow regime through the city of Opava**

Diplomová práce

Autor:

Ing. Petr Kunze

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jan Thomas, Ph.D.

Ostrava 2014

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použitých zdrojů.

v Opavě, dne 26. 4. 2014

.....

Podpis

Poděkování

Tímto děkuji vedoucímu své diplomové práce, Ing. Janu Thomasovi, Ph.D., dále pak za cenné rady a informace Ing. Jiřímu Maníčkovi, kolektivu pracovníků státního podniku Povodí Odry, kteří mi poskytli spoustu podkladů. Dále pak Ing. arch. Miroslavu Dehnerovi, Doc. PhDr. Miroslavu Černému, Ph.D., Ing. Miroslavu Bergovi, Robertu Grygarčíkovi a své partnerce Ditě Schrammové za pomoc a za trpělivost.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá využitím prostoru v městské trati koryta řeky Opavy v intravilánu města Opava, který může v budoucnu vzniknout díky výstavbě plánovaných protipovodňových opatření v povodí horní Opavy. Na začátku je shrnuta obecná charakteristika řešeného území. Dále je v práci zhodnocení současného stavu jednotlivých úseků řeky Opavy od soutoku Střední a Černé Opavy po soutok s Odrou. Hlavní část práce řeší návrh revitalizačních resp. humanizačních opatření v průtočném profilu řeky a jejich hydrotechnické posouzení v prostředí Hec Ras.

Abstract

This thesis deals with the possibility use of space in the urban track bed of the river Opava in the Opava city in the urban area, which may arise in the future because of the planned construction of flood control in the basin of the upper Opava. At the beginning summarizes the general characteristics of the area. Further work to assess the current state of individual sections of the Opava River from the connfluence of rivers Midle Opava and Black Opava to the confluence of the Odra. The main part is design of revitalizing or humanizing measures in river flow profile and hydro assessment in the Hec Ras.

Klíčová slova

Řeka Opava, město Opava, průtočný profil, návrhový průtok, intravilán, revitalizace, humanizace.

Keywords

The river Opava, Opava city, the flow profile, the design flow, urban area, revitalization, humanization.

Obsah

1. ÚVOD.....	7
2. CELKOVÁ CHARAKTERIZACE TOKU ŘEKY OPAVY.....	9
2.1. Charakterizace povodí jako celku.....	9
2.2. Charakterizace vlastního toku.....	14
2.3. Rozdělení řeky Opavy na dílčí úseky	18
2.4. Navrhovaná protipovodňová opatření v povodí horní Opavy	24
3. OBECNÉ MOŽNOSTI PŘÍRODĚ BLÍZKÝCH ZÁSAHŮ DO MORFOLOGIE UPRAVENÝCH KORYT	28
3.1. Renaturace.....	28
3.2. Technické revitalizace	28
3.2.1. Přijatelná opatření v intravilánu města Opava.....	29
3.3. Již realizovaná humanizační opatření v Opavě.....	32
4. NÁVRH OPATŘENÍ REVITALIZAČNÍHO TYPU NA TOKU PŘES MĚSTO OPAVU V SOUVISLOSTI S ÚČINKY PLÁNOVANÉ ÚDOLNÍ NÁDRŽE U NOVÝCH HEŘMINOVŮ	34
4.1. Břehové a doprovodné porosty	35
4.2. Stavebně – technická humanizační opatření	38
5. HYDROTECHNICKÉ POSOUZENÍ NÁVRHU.....	41
5.1. Podklady pro model říční sítě	42
5.2. Stručný popis využitých parametrů programu HEC – RAS 4.1.0. ve zpracovaném posouzení	42
5.3. Prezentace výsledků.....	43
6. ZÁVĚR.....	47
Seznam použité literatury	48
Seznam obrázků.....	50
Seznam příloh	51
Přílohy.....	52

1. ÚVOD

Předmětem diplomové práce je zabývat se na základě výše uvedeného zadání zapojením řeky Opavy do městského prostoru a „humanizací“ jejího průtočného profilu přes město Opavu. Řada úseků toků v urbanizovaném prostředí naší republiky doznala proti svému prapůvodnímu přirozenému stavu postupem vývoje v čase výrazných změn v podobě umělých, v převážné míře většinou stavebních zásahů a ve snaze zmírnit toto jejich „odpřírodnění“ je v případech, že to lze, preferováno úsilí o určitá revitalizační, renaturační, resp. humanizační opatření, která by zlepšila jejich celkový, v širším slova smyslu ekologický stav a zlepšila přirozený ráz vzezření těchto technických úprav.

Zájem na umělých zásazích do morfologie koryt vodních toků v podobě – více či méně – soustavných úprav jejich průtočných profilů není veden svévolí stavebnictví jako oboru, ale je motivován především snahou o zvětšení průtočné kapacity těchto profilů a tím dosažení vyššího stupně ochrany před povodněmi pro okolní území, zejména je-li tvořeno zástavbou, která linii vodních toků ve stále více stísněnějších poměrech údolních niv provází. Trendy ekologizovat, renaturovat či „humanizovat“ tyto úseky toků vedou na druhé straně vždy do určité míry ke zhoršení průtokových, především drsnostních poměrů pro proudění vody v průtočných profilech, a jsou tak vesměs v protichůdném vztahu k dosažení dostatečné a potřebné průtočnosti koryt vodních toků. Je pak otázkou hledání vzájemných kompromisů a kompenzací, jak obě tyto protichůdné tendence skloubit.

Na řece Opavě v úseku upravené městské trati přes město Opavu se právě takováto možnost nabízí. Nabízí se tou okolností, že by mělo dojít k určitému snížení povodňových průtoků (tzv. N-letých vod), pokud dojde ke zřízení údolní nádrže Nové Heřminovy v horní části povodí. Výstavba nádrže je totiž ve vyspělém stupni přípravy a lze předpokládat, že v nadcházejících letech by mělo dojít k její realizaci. Snížení špiček povodňových průtoků je převažujícím účelem této chystané investice, a ač její efekt do poměrně vzdáleného profilu města Opavy není nějak mimořádně výrazný, přesto určitý prostor pro možnost renaturačních opatření v průtočném profilu přes město vytváří a v důsledku toho by určité změny v korytě v neprospěch jeho průtočnosti bylo možno připustit.

Právě využití této možnosti je předmětem předložené diplomové práce. Ta,

- po rámcovém popisu výchozích přírodních poměrů v rámci celého povodí Opavy,
- po rozboru poměrů na vlastním toku od pramene až k ústí, jde-li o charakter prostoru, jímž protéká, o jeho exploataci, povahu osídlení, infrastrukturu, resp. o popis jeho širší vodohospodářské problematiky,
- po bližším rozboru rozsahu provedených úprav koryta řeky a potřeb, proč k nim muselo dojít, resp. jaké důvody, pro něž ponechání těchto zásahů do morfologie koryta dnes dále přetrvávají,

si ve své hlavní nosné části klade za cíl zvážení možnosti uvedených kompenzačních přístupů v poměrech okresního města Opavy. Klade si za cíl rozebrat jejich možnosti v rámci úseku městské trati přes Opavu, přibližně od lávky na spodním úseku města (km 35,730) v prostoru Kolofikova nábřeží po silniční most prodloužená Rolnická ul. (km 38,997). Z nich předpokládá vybrat konkrétní, nejvhodnější dílčí úsek, pro něj navrhnout vlastní řešení „humanizace“ toku a hydraulicky posoudit důsledky a únosnost tohoto kroku pro kapacitu břehové vody koryta řeky na základě existujících geodetických podkladů, které jsou u správce toku k dispozici. Provedené šetření a výsledky následně doprovodit přílohami, jak je uvedeno v zadání z VŠB HGF.

2. CELKOVÁ CHARAKTERIZACE TOKU ŘEKY OPAVY

2.1. Charakterizace povodí jako celku

Před bližším hodnocením stavu odtokových poměrů přímo na řece Opavě je vhodné uvést kontext povodí řeky Opavy jako celku a to i vztahu k celému tzv. *dílčímu povodí Horní Odry*, jak je nazýváno podle terminologie a členění (Česká republika je rozdělena na 10 dílčích povodí) ve smyslu posledního znění zákona o vodách. Vlastní povodí řeky Opavy v rozloze 2 089 km² tvoří 33,5 % z celkové plochy tohoto dílčího povodí (6 229,7 km²) a je tedy významnou částí jeho rozlohy.



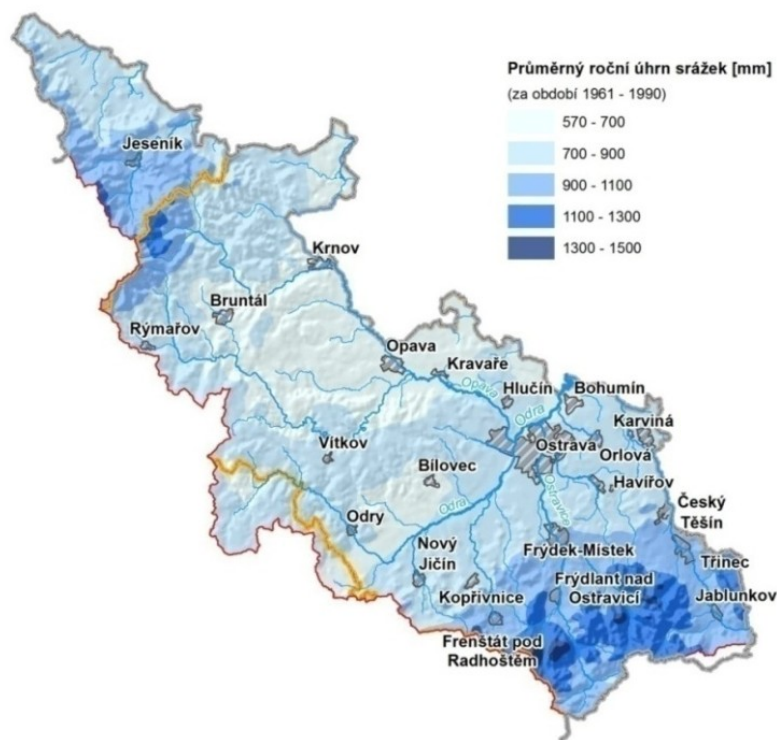
Obr. č. 1: Hranice povodí (zdroj: Povodí Odry s. p.)

Základní charakteristiky povodí vlastní Opavy jsou předurčeny celkovými poměry širšího celku, zejména jeho poměry geomorfologickými, klimatickými, hydrologickými a v neposledním řadě i poměry, které ovlivňuje člověk a jeho civilizace – tj. osídlením, zástavbou, průmyslem a hustotou obyvatelstva.

Orograficky je povodí řeky Opavy ovlivněno faktem, že přináleží k Hercynskému geomorfologickému systému jako k součásti starší České vysočiny. Ta má výrazně odlišnější povahu proti charakteru mladšího pásemného pohoří Karpat, ležícího od něj vně ve východní části dílčího povodí Horní Odry. I samotné povodí Opavy je stejně jako karpatská část naproti poměrně značně členité, jeho nejvyšší bod tvoří nejvyšší hora Hrubého Jeseníku Praděd (1 491 m n. m.) a nejnižším místem v povodí je ústí řeky Opavy do Odry (205 m n.m.) v Ostravě. Největší svislá odlehlost tak činí bezmála 1300 m, což znamená, že obecně se jedná o území s poměrně značnou reliéfovou energií. Odlišnost proti východní karpatské oblasti (podpovodí Ostravice a Olše) se projevuje v **geologické struktuře území**, z níž vyplývají rovněž stabilitní poměry říční sítě a jejich odtokových cest. Střední jesenickou část povodí, kterou povodí řeky Opavy převážně tvoří, reprezentuje tzv. Silezikum, vytvářené krystalickými celky *Hrubého Jeseníku* především z metamorfovaných hornin (v Nízkém Jeseníku pak někde i nemetamorfovaných), které jsou výrazně odlišné od těch, které se nalézají na východní straně *Moravskoslezských Beskyd*. U těch se jedná o horniny skupiny karpatských příkrovů, kde se rytmicky střídají písčité a jílovité sedimenty, a vytvářejí tak typický – takzvaný-flyš, pro říční erozi značně nestabilní. Jesenická a beskydská část povodí má v tomto směru tedy odlišný charakter říční sítě, jesenické toky tak mají výrazně nižší (v průměru poloviční) podélné sklony a stabilitně jsou mnohem zvladatelnější, než tomu je na straně beskydské. **Hydrogeologicky** je zde ale charakter hornin většiny území přibližně analogický pro akumulaci podzemní vody, jako je tomu v pobeskydí. Je tomu tak proto, že horniny krystalinika, devonu a kulmu s relativně nízkým zvětralinovým pláštěm prakticky nemají průlinovou propustnost. Pouze kvartérní a některé terciérní sedimenty obsahují významnější akumulace průlinové podzemní vody, jejich mocnost a tím i vliv na velikost akumulovaného množství vody je však velmi nízký.

Prostředí beskydského a jesenického prostoru povodí se mírně odlišuje i co do klimatických a hydrologických poměrů. **Klimaticky** povodí řeky Opavy podle výškového rozčlenění území spadá dolní částí povodí do mírně teplé oblasti, v horních

partiích pak do oblasti chladné. Průměrný dlouhodobý úhrn srážek za období 1961 – 1990 dílčího povodí Horní Odry jako celku činí 820 mm, obdobný průměr má i povodí vlastní Opavy. Maximální dlouhodobý roční úhrn srážek je okolo 1300 mm na Pradědu, minimální roční úhrn 557 mm v oblasti dešťového stínu na Opavsku je pak ve stanici Litultovice. V dlouhodobém průměru je srážkově nejbohatší měsíc červen, na srážky nejchudší je leden. Úhrny srážek jsou patrné z obrázku č. 2.



Obr. č. 2: Průměrný roční úhrn srážek (zdroj: Plán oblasti povodí Odry)

Průměrná dlouhodobá roční teplota vzduchu v oblasti je 7,1 °C, nejchladnějším měsícem je leden (průměrně -3,1°C), nejteplejším červenec (16,3 °C). Absolutní minimum bylo zaznamenáno na stanici Rejvíc -32,8 °C (13. 1. 1987), maximum +35°C v Javorníku ve Slezsku (mimo oblast povodí Opavy).

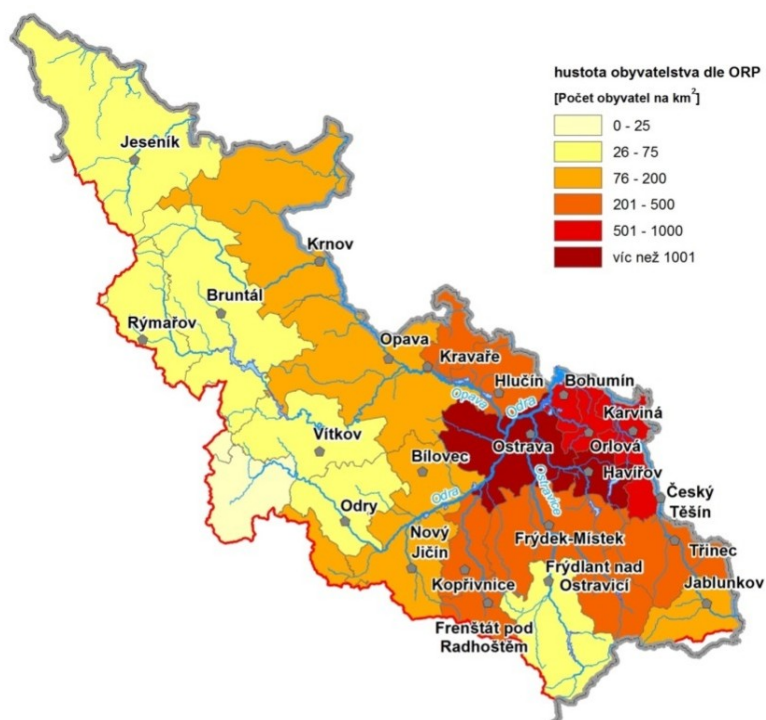
Hydrologicky tvoří vlastní řeka Opava jeden z hlavních toků, které se vějířovitě stékají do prostoru Ostravské pánve, jejíž osu pak níže vytváří řeka Odra. Mimo řeku Odru a Opavu jsou pak dalšími hlavními toky sklonově a hydrologicky exponovanější beskydské přítoky Ostravice a Olše. Pro srovnání lze uvést, že Odra nad soutokem s Olší, tzn. těsně nad místem, odkud spolu obě řeky z území ČR odtékají, má dlouhodobý průměrný průtok $49 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, Opava v prostoru ústí potom $15 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Průměrné průtoky v ústích u Ostravice činí $14,25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, u Olše $12,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Z průměrné roční srážky na celé povodí ve velikosti

asi 820 mm v průměru odteče přibližně 300 mm, průměrný odtokový součinitel tak činí 0,35.

Nutno zmínit, že nejvýznamnějšími přítoky řeky Opavy jsou Moravice (povodí 901 km²), vtékající do ní zprava pod městem Opava, Opavice (195 km²), ústící zleva v Krnově, a pak Čižina (103 km²).

Jedním z prvních antropologických ovlivnění, které povodí rovněž charakterizují, jsou lesní poměry, protože vegetace a především pak lesy značně ovlivňují hydrologický režim toků. Bližší členění jen pro vlastní Opavu nebylo v poslední době podrobně zkoumáno, ale lze zjednodušit, že jsou zde lesní poměry analogické s těmi v celém povodí Horní Odry. Pro něj data k dispozici jsou a podle nich je zalesněno celkem asi 38,5 % plochy území, což je nad celostátním průměrem (cca 33 %); zalesnění tudíž patří k nejvyšším v ČR. Prostorově je však rozložení lesů nevyrovnané, kdy komplexy lesů v části Hrubého a Nízkého Jeseníku kontrastují s méně lesnatými okraji Slezské nížiny (Opavsko). V oblasti povodí převažuje jedlobukový *lesní vegetační stupeň* s téměř 40 % výskytu, následuje stupeň bukový s více než 30 % a nakonec dubobukový s 15 %. Jinak druhově celkově převládá smrk s majoritním nadpolovičním podílem (65,5 %), u listnáčů má největší zastoupení buk (12,6 %).

Co do *demografického a socioekonomického složení* je střední hustota osídlení v dílčím povodí Horní Odry 204 obyvatel na 1 km², což je více než celostátní průměr (133 obyvatel na 1 km²). Převážná část obyvatel (84,07 %) žije v obcích nad 2000 obyvatel a ve městech, ve městech nad 10 000 obyvatel to je asi 62 % obyvatel. Pro povodí Opavy je hustota obyvatel blíže patrná z mapky, největšími městy v povodí vlastní Opavy je Opava s 58 281 a Krnov s 24 658 obyvateli.



Obr. č. 3: Hustota zalidnění dle ORP (zdroj: Povodí Odry s. p.)

obec	Počet obyvatel k 31. 12. 2011 v obcích	Plocha [km ²]	Hustota zalidnění [počet ob. /km2]						
	< 500	500 – 1000	1 - 2 tis.	2 - 5 tis.	5 - 10 tis.	10 - 50 tis.	>50 tis.		
Bruntál	5669	3566	3966	2344	5570	16992	0	601,09	63,4
Hlučín	0	2691	9757	13608	0	14122	0	165,30	243,1
Kravaře	219	2206	1277	10855	6736	0	0	100,54	211,8
Krnov	3554	3783	6481	3598	5259	24658	0	574,24	82,4
Opava	2744	7583	23671	3281	5470	0	58281	567,03	178,2
Rýmařov	918	1841	0	3423	8609	0	0	216,75	68,2
Celkem	21326	62643	118436	145074	130186	240079	552986	6230	204

Tabulka č. 1: Hustota zalidnění podle obcí s rozšířenou působností (ORP) spadající do povodí Opavy

Průmysl v povodí Horní Odry jako celku je soustředěn zejména v jeho severovýchodní části, v povodí vlastní Opavy zejména pak ve městech – v Opavě a Krnově. Jedná se především o průmysl zabývající se výrobou strojů a zařízení, průmysl potravinářský, dřevozpracující, rozvinuté je také stavebnictví. **Výrobu elektřiny** v dílčím

povodí Horní Odry zajišťují převážně tepelné elektrárny. Z elektráren, které spadají do povodí řeky Opavy, to jsou:

Druh elektrárny	Místo	Výkon [MW]	Provozovatel
Tepelná	Třebovice	83 MW	ČEZ, a.s.
Vodní (MVE)	VN Slezská Harta	3,050 MW	Povodí Odry, s. p. Ostrava
Vodní (MVE)	Moravice - Podhradí	4,400 MW	ENERGO-PRO, a.s.

Tabulka č. 2: Typy elektráren v dílčím povodí Horní Odry (zdroj: Povodí Odry s. p.)

Po stránce zemědělství tvoří zemědělská půda 50,1 % plochy dílčího povodí Horní Odry, z toho více než polovinu zaujímá půda orná, ta nejvíce na Opavsku. Méně zemědělsky je využívána půda v horských a podhorských oblastech Bruntálska (povodí Moravice).

Povodí Opavy jako celek charakterizují i některá *chráněná území ochrany přírody a krajiny*. Z těch nejvýznamnějších je třeba zmínit *Chráněnou krajinnou oblast Jeseníky (CHKO)* a *Ptačí oblast* stejnojmenného názvu, vyhlášenou v rámci Natura 2000 nařízením vlády č.599/2004 Sb. K samotné řece Opavě se vážou i *maloplošná chráněná území*, mimo ta, co jsou součástí horských poloh CHKO Jeseníky, jsou to Stříbrné jezero a Úvalenské louky na středním, a rybník Štěpán, lokalita Turkov a Koutské a Zábřežské louky na dolním toku.

2.2. Charakterizace vlastního toku

Úvodem je třeba konstatovat, že řeka Opava vzniká soutokem Střední a Černé Opavy ve Vrbně pod Pradědem. Střední Opava (s délkou 12,9 km) pramení na severovýchodních svazích Pradědu a Černá Opava (18,4 km) při severozápadních svazích Orlíku. Další zdrojnice tvoří ještě Bílá Opava, vlévající se do Střední na horním okraji Vrbna p/P. Bílá Opava pramení ve výšce 1280 m n.m. na jižních svazích nejvyššího bodu povodí – Pradědu (1491 m n. m.) – a v horní části protéká lázeňskou obcí Karlova Studánka. Nad ní se v horském úseku nacházejí přejeje, kaskády a vodopády, největší, tzv. *Velký vodopád*, má výšku 8 m. K místu zaústění do Střední Opavy je Bílá Opava dlouhá 13,2 km. Tok vlastní Opavy od soutoku tří pramenných větví ve Vrbně pod Pradědem měří k ústí do Odry 109,3 km a po celé této délce až k ústí je ve správě státního podniku Povodí Odry. Vezmeme-li v úvahu délku s nejdelším pramenným přítokem, Černou Opavou (ta má dělenou správu – spodních 6,7 km spravuje s. p. Povodí Odry, horní nad tím je v péči Lesů České republiky), činí tak její celková délka toku

127,7 km. Je tedy dohromady o 17,1 km delší, než má její recipient Odra mezi pramenem a soutokem s Opavou (110,2 km). K místu soutoku s Odrou má Opava i větší plochu povodí (2088,8 km² proti 1616,3 km²), stejně tak jako průměrný průtok vody (15,0 proti 12,7 m³/s).

Nutno opakovaně podotknout, že řeka Opava protékající prostředím krystalinika České vysočiny má mnohem stabilnější poměry, než srovnatelné toky na protější beskydské straně povodí. Sklon jejího dna (bez ovlivnění spádovými objekty) se v trati od ústí po Moravici pohybuje okolo 1 ‰, výše k ústí Opavice 2 ‰ a po Vrbno pod Pradědem pak 5 ‰. Průměrná velikost zrnitosti splaveninového materiálu dna probíhá v rozmezí od 25 mm v úseku pod Krnovem (km 33) po 60 mm v trati nad tímto městem. Horní tok odshora přibližně po Karlovice (km 103) prochází sevřenějším údolím, jeho střední část se níže pak postupně rozevírá, přičemž pod Krnovem (km 70) a zejména pod zaústěním Moravice (km 33) má vysloveně nížinný charakter se širokou a plochou údolní nivou.

Mimo již v předchozí části uvedené tři přítoky (v terminologii vodního zákona *významné toky*): Opavici, Čižinu a Moravici, ústí do Opavy ještě řada *drobných* vodních toků, z nichž 11 má plochu povodí nad 10 km².

Souhrnně řečeno charakter řeky po jeho celé délce celkově odpovídá uspořádání prostoru, jímž řeka protéká. Její horní úseky probíhají zalesněným územím (až po Vrbno p/Pradědem), odtud se pak níže směrem po vodě střídají úseky procházející zástavbou menších či větších obcí, mezilehlé prostory tvoří území využívané především zemědělsky. Urbanisticky nejexponovanějším prostorem v horní třetině toku je zástavba města Krnova, pod ním až po nejvýznamnější sídlo celého povodí – město Opavu – řeka tvoří na 21,8 km státní hranice mezi Českou a Polskou republikou (mimo Holasovickou územní enklávu). Pod Opavou, jejíž severovýchodní částí řeka protéká, je směrem k ústí zástavba okolních obcí lokalizována spíše k okrajům nivy. Výjimkou je lokalita Kravař, kde odděluje řeka starší zastavěnou část na levém břehu od novější místní části Dvořisko.

Před prováděním větších zásahů do vlastního koryta toku byly na řece Opavě již od poměrně dávné minulosti zřizovány *jezy*. Ty sloužily pro odběry vody a využití vodní síly jako na ostatních srovnatelných tocích povodí a byly vytvářeny mnohem dříve před souvislejšími úpravami toků. Příkladem toho jsou na Opavě např. jezy Kajlovec

a Karlovec nad městem Opava, napájející pro nejrůznější uživatele náhon vedoucí níže přes město.

Jezů byla i jinde na řece vybudována celá řada pro pohon mlýnů, pil a pro zásobování rybníků, které byly v údolní nivě od Krnova směrem po toku velmi četné. Podstatná část lokalit, kam byly jezy umístěny, se zachovala dodnes a lze říci, že i po četných přestavbách a rekonstrukcích nadále slouží na svých původních místech ke vzdouvání vody. Jen poměrně malá část z nich poté, co vzdouvací účel zanikl, zanikla rovněž, většina z nich jsou dosud ale významnými spádovými objekty plnícími dodnes svoji stabilizační funkci. V současné době je na celé řece Opavě funkčních 22 jezů, žádný z nich nemá vyhraditelný pohyblivý uzávěr (jedná se tedy o jezy pevné), dva z nich jsou na hraničním úseku řeky v majetku polských uživatelů. Z těch českých je třeba řadit k nejvýznamnějším Třebovický jez (km 1,4), od něž je zásobována provozní vodou elektrárna Třebovice, dále městské jezy v Opavě (km 39,5) a Krnově (km 70,9). Od jezu tzv. Papírenského mlýna (km 66,5) je zásobován i Petrův rybník, snad dnes funkčně nejvýznamnější akumulace vody, která je situována přímo v nivě řeky Opavy. Z významnějších *odběratelů vody*, přímo využívajících vodu z řeky Opavy pro svoje provozní účely, je možno v současnosti jmenovat (odshora) AdvancedPlastics - Husquarna (Vrbno p/P - odběr asi 12 l/s) a Teplárnu Krnov (7 l/s), na dolním pak IvaxTeva (Komárov 10 l/s), Hlučínské jezero (12 l/s) a Elektrárnu Třebovice (průměrně 195 l/s).

První *regulační zásahy*, nejdříve spíše sporadické a lokalizované pomístně, lze na Opavě zaznamenat již od 1. pol. 19. století. Z těch větších to byly úpravy přes město Opavu, jehož zástavba se začala přisouvat k řece poté, co byly zbourány městské hradby (po r. 1800). Později – od r. 1886 – pak byly systematictěji upravovány i horní horské trati a bystřinné úseky Bílé, Černé a Střední Opavy. V r. 1906 bylo pro účel hrazení bystřin dokonce zřízeno specializované pracoviště v Opavě, již předtím od r. 1895 bylo zahájeno první hydrologické sledování průtoků vody v řece v městech Opavě a v Krnově jako vůbec první v prostoru severní Moravy a Slezska.

Těžiště prací na úpravě odtokových poměrů řeky bylo soustředěno zpravidla zejména do období po proběhlých povodních, které se na ní vyskytly, jako mj. v roce 1880, v roce 1902 a 1903 a z poslední doby po jedné z nejničivějších povodní v roce 1997, když zvláště v zastavěných územích nadělala výrazné škody. Povodeň v roce 1997 měla

na řece Opavě a na jejích přítocích zvláště katastrofální průběh, zejména na horním konci, kde její kulminační hodnoty přetvářely v podstatě celou údolní nivu. Hydrologicky bylo tehdy vyhodnoceno, že v nejvyšších úsecích řeky Opavy povodeň dosahovala četnosti výskytu sedmisetleté (Q_{700}) vody (ve Vrbně pod Pradědem), směrem po toku se snižovala, nicméně v ústí do Odry dosahovala stále ještě četnosti dvoustleté (Q_{200}) vody. Destrukce koryta si v řadě úseků mezi Vrbnem pod Pradědem a Novými Heřminovými vyžádala jeho úplnou obnovu, stejně tak jako obnovu potřebné průtočnosti ve spojení s generální opravou dříve upravených úseků přes Krnov a Opavu.

Obnovnými regulačními zásahy a jejich doplněním (zkapacitnění průtočného profilu a ohrázování) je dosaženo víceméně potřebného *stupně povodňové ochrany* (pro zástavbu vesměs alespoň na dvacetiletou vodu) jak v horních tratích mezi Šírokou Nivou a Karlovicemi, tak i v obcích v nivě, sousedících s městem Opavou (Malé a Velké Hoštice, Vávrovice, atd.), jakož i těch, které jsou situovány od něho níž směrem k ústí (s výjimkou Kravař – Dvořiska). Přes rozsah provedených opatření ale nemá zcela dostatečnou úroveň ochrany stále město Krnov a k němu v nivě přiléhající obce nad ním, jmenovitě Brantice, Zátor, Loučky. Celý tento prostor byl v 1. plánovacím období začleněn do tzv. „*prioritní oblasti Horní Opavy*“. Připravovaná opatření se týkají výhradně ochrany zástavby před povodňovými škodami a současně se navrhuje kompenzovat revitalizačními zásahy do nivy toku.

Souhrnně vzato: v současné době podíl úseků, které regulačními zásahy nebyly dotčeny, tvoří na řece Opavě přibližně jednu polovinu (48 %). Nejméně upravených úseků se přitom nachází mezi Krnovem-Kostelcem a Karlovicemi, kde původní úpravy zanikly a dnes koryto tvoří víceméně zcela přirozené úseky v přibližně dvou třetinách své délky.

Po větších investičních vlnách na těchto úpravách jsou pak zpravidla prováděna ostatní, většinou jen drobnější protipovodňová opatření (včetně místních ohrázování), opatření spíše lokální povahy, které napravovaly na řece různé místní anomálie, povodňové škody na kratších úsecích, kolizní místa pro odtok vody nebo zabezpečovaly břehové nátrže. Mezi nimi je nutno zahrnout i úpravy a sanace nátrží břehů (resp. i náhradu některých říčních objektů) na úsecích toku, který tvořil či stále tvoří státní hranice (nyní s Polskem). Zde jsou opravy pro stabilizaci toku, tzn. opravy břehů, nátrží a opevnění koryt soustavně prováděny ve vzájemné spolupráci a na společně bilancované náklady ČR a PR

dodnes. Přitom je vesměs uplatňována zásada na dodržení původního vinutí trasy toku bez větších korekcí, aby balance rozloh státních území byla neustále zachovávána. [1]

2.3. Rozdělení řeky Opavy na dílčí úseky

Pro bližší porozumění vývoje všech naznačených zásahů a úprav odtokových poměrů na řece Opavě je vhodné blížeji rozvést jejich důvody, rozsah, případně časový sled po jednotlivých úsecích. Po úsecích, které mají od sebe svoje určité odlišnosti podle povahy toku, území a lokalit, kudy protékají.

Řeku Opavu lze od ústí směrem k soutoku 3 bystřin v horní trati rozdělit na tyto úseky:

od ústí – po jez Jilešovice	km 0.0 - 10.7
od jezu Jilešovice – po ústí Moravice	km 10.7 - 33.3
od ústí Moravice – po jez Palhanec	km 33.3 - 40.9
od jezu Palhanec – po soutok Opavy a Opavice	km 40.9 - 69.0
od soutoku Opavy a Opavice – po bývalý jez Kostelec	km 69.0 - 74.0
od bývalý jez Kostelec – po ústí Čakovského potoka	km 74.0 - 83.3
od ústí Čakovského potoka – po jez Vrbno	km 83.3 - 108.1
od jezu ve Vrbně – po soutok Černé a Střední Opavy	km 108.1 - 109.3

Tabulka č. 3: Rozdělení řeky Opavy na dílčí úseky

Jednotlivě lze rozsah, vlastnosti, důvody a způsoby zásahů do morfologie koryta a úprav odtokových poměrů v nich charakterizovat takto:

Úsek od ústí – po jez Jilešovice (km 0.0 - 10.7)

V daném úseku, který je upraven ze 78 %, se nachází 2 jezy, 5 spádových objektů a 3 mostní objekty a dotčeným sídlem je Statutární město Ostrava.

Už kolem roku 1558 vznikly v tomto úseku rybníky v Hošťálkovicích a rybník Štěpán u Děhylova. Z významnějších zásahů do koryta řeky Opavy je třeba zmínit, z doby První republiky, úpravu výustní trati pod Hošťálkovickým kopcem směrem k ústí (1933). Zajímavostí této úpravy byl nález „zkamenělých“ kmenů stromů z prehistorické doby při provádění zemních prací na průpichu koryta v nové přeložené trase.[2]

Ve 30. letech byla v uvedeném úseku km 0,100 – 0,500 provedena přeložka toku, definitivní stav však byl vybudován v rámci úpravy Odry na přelomu 60. a 70. let minulého století, a to v km 0,000 – 0,100 úprava výustní trati řeky Opavy. Součástí úpravy byl odběrný objekt na řece Opavě v km 0,150, který dodnes slouží k zásobování čerpací

stanice Nová Ves sloužící Vítkovickým železárnám jako záložní zdroj. V současné době kříží řeku Opavu v km cca 0,300 dálniční most dálnice D1. V km 1,400 se nachází jez Třebovice sloužící k zásobování elektrárny a teplárny v Třebovicích užitkovou vodou. Jez vzbuzuje zájmy po ekonomickém využití vodní síly vybudováním malé vodní elektrárny (MVE). Od roku 1986 do roku 1996 zde byla provozována MVE soukromých investorů. V současnosti je na Třebovickém jezu projekčně připravována výstavba rybochodu v rámci koncepce zprůchodnění toků pro ryby odzdola (Odra – Bohumín) až do prostoru střední Moravice (pod vyrovnávací nádrž Podhradí). V 90. letech 19. století byla vybudována železniční trať Svinov – Opava (otevření 17. 12. 1855) ve vzdáleném souběhu s řekou Opavou. Po roce 2000 byla trasa rekonstruována a elektrifikována.

Nejrozsáhlejším zásahem do morfologie koryta na dolním toku Opavy byla regulace řeky v úseku Jilešovice – Děhylov v poslední čtvrtině minulého století. Tato regulace byla postavena v letech 1985 – 1988 z důvodu vydobyti ložiska šterkopísku v údolní nivě řeky v prostoru Hlučina a nahrazení původního provizorního mostu silnice II/469 mezi Děhylovem a Hlučínem. Tyto okolnosti vedly k přeložce řeky a k jejímu ohrázování. Vzhledem k tomu, že tok byl úpravou poměrně značně zkrácen a rovněž byl zrušen původní jez v Dobroslavicích, nacházející se zhruba v polovině dřívější trasy, bylo nutné z důvodu zachování původního sklonu dna postavit i tři spádové objekty (balvanitý skluz km 6,420, stupeň Děhylov km 8,540 a jez v Jilešovicích km 10,720). Regulace dosahuje délky 3,3km. Aktuálně se připravuje a stavebník, tj. město Hlučín, má požádáno o finanční zajištění rekonstrukce Hlučinského jezera, která obsahuje zabezpečení jezera proti přelítí Q100 do prostoru jezera a s tím související zvýšení pravobřežní hráze na řece Opavě.

Úsek od jezu Jilešovice – po ústí Moravice (km 10.7 - 33.3)

V daném úseku, který je upraven z 38 % se nachází 5 jezů, 1 spádový objekt a 8 mostních objektů a dotčenými sídly jsou Komárov, Kravaře, Lhota, Smolkov a Háj ve Slezsku.

V tomto úseku je řeka z větší části neupravená, protéká širokou údolní nivou, kde má přirozený charakter meandrujícího toku. Z významnějších objektů v úseku km 10,7 – 33,3, které souvisejí se zastavěností tohoto území, je třeba zmínit následující jezy, které plní stabilizační funkci spádových objektů a slouží k využití vodní síly a odběru

vody. Jez Háj ve Slezsku v km 16,360, rekonstruovaný po roce 2000 a na něm připravovaná MVE s pravostranným obecním náhonem. Jez Smolkov rekonstruovaný po roce 1997 se stávající MVE km 18,996, pravostranným náhonem protékajícím obcí a levostranným náhonem napájejícím soustavu dolnobenešovských rybníků, z nichž největší je rybník Nezmar. Jez Lhota, který není ve správě Povodí Odry s. p., se stávající MVE km 22,000 a pravostranným náhonem, který mj. odvádí vodu z vodoteče Ohrozima. V rámci protipovodňového opatření místní části Dvořisko, která patří k městu Kravaře, se v úseku cca km 25,000 – 28,000 připravuje výstavba obtokového kanálu, která pokud bude vybudována, zvýší zabezpečenost lokality Dvořisko. Současná ochrana Dvořiska je na $Q_1 - Q_2$ (ovlivněný průtok). V daném úseku jsou dále tyto významné jezy: Jez Štítina v km 28,450 a Jez Komárov km 32,190.

Úsek od ústí Moravice – po jez Palhanec (km 33.3 - 44.9)

V daném úseku, který je upraven z 93 %, se nachází 2 jezy, 26 spádových objektů a 11 mostních objektů a dotčeným sídlem je Statutární město Opava

Tento úsek je de facto městskou tratí řeky Opavy ve městě Opavě. V pořadí co do historických měst, která všechna leží přímo na řece, je největší právě Opava. Povodňová katastrofa, která povodí Odry postihla v r. 1902 a na Jesenicku i velká voda v roce následujícím, znamenaly přepracování dříve připravených projektů úprav a vesměs i jejich rozšíření o obnovy starých regulací z konce 19. století. [2]

Regulace od ústí Kateřinského potoka po ústí potoka Velká (Jaktarka) o délce čtyř km s kapacitou koryta dimenzovanou pro převedení návrhové povodně, což tehdy byla dosud největší známá povodeň v roce 1903, byla stavebně prováděna v letech 1910 – 1913. Pojetí úpravy bylo velkorysé, s perspektivou budoucího spojení historické Opavy na pravém břehu řeky s územím tehdy ještě samostatné obce Kateřinky na břehu levém, k němuž došlo až v r. 1938. [2]

Největší záplavy ale postihly město Opavu v roce 1997, kdy voda vystoupila o 30 cm výše než v roce 1903. Srážky v horních partiích Jeseníků dosahovaly úhrnu kolem 500 mm ve dnech 5. až 9. července způsobily, že se řeka rozlila v celé délce toku a její vzduť znamenalo Opavu 7. července. Jen v Opavě si povodeň vyžádala 5 lidských životů, zraněno bylo 250 osob. Voda poškodila nebo vyplavila 2000 domů, postiženo

bylo 23000 občanů, tj. více než třetina obyvatel, ponejvíce z katastru Držkovice, Vávrovice, Palhanec, Kateřinky a Malé Hoštice. [11]

Bezprostředně po povodni byla zajištěna průtočnost koryta a následně došlo k odtěžení nánosů, které se na bermách dlouhodobě usazovaly a snižovaly průtočnou kapacitu koryta. Dále byla v úseku nad soutokem s řekou Moravicí vybudována ochrana Malých Hoštic – levobřežní hráz na Opavě v km 33,955 – 34,950, obec je zabezpečena na Q_{100} . Pro zlepšení odtokových poměrů byla vybudována úprava s pravobřežní inundačním mostem na trati Opava – Hlučín v oblasti bývalé zahrádkářské kolonie km 33,935 – 34,720.

V intravilánu města Opavy je upravená trať dvojitého lichoběžníkového profilu částečně vedená v nábrežních zdech, částečně vedena v upravených a dlažbou zpevněných svazích. V této trati se nacházejí lávka na Kolofikově nábreží v km 35,730, silniční most Ratibořská v km 36,480, lávka pro pěší na ulici Vodní v km 36,740, silniční most Pekařská km 37,250, silniční most Mostní v km 37,890, silniční most prodloužená Rolnická v km cca 39,000, most místní komunikace km 39,400 pod jezem v městských sadech v km 39,480, které jsou zde uvedeny z důvodu výskytu v řešeném úseku. V úseku se nacházejí jez v Městských sadech 39,400 s pravobřežním městským náhonem a jez Herber v km 40,895. Od mostu prodloužená Rolnická začíná hráz 39,000 – 41,500, která slouží k ochraně místní části Palhanec před povodní.

Úsek od jezu Palhanec – po soutok Opavy a Opavice (km 44.9 - 69.0)

V daném úseku, který je upraven z 55 % se nachází 3 jezy, 4 spádové objekty a 4 mostní objekty a dotčenými sídly jsou jmenovitě Úvalno, Skrochovice, Holasovice, Držkovice a Vávrovice.

V úseku mezi Opavou a Krnovem tvoří řeka Opava státní hranici mezi hraničními znaky II/71b – 90/1b. V tomto prostoru se nachází polský jez v Úvalně km. 60,485, polský jez za jachtklubem, v km 65,460 a jez Krnov (Papírový mlýn) km 66,540 s MVE na pravém břehu a náhonem na Petrův rybník.

V obci Holasovice se nachází v hraničním úseku pozůstatek historického jezu Holasovice v km 51,560. Ani Česká ani Polská republika nemají o obnovu objektu zájem. Snahu projevuje pouze obec Holasovice.

Problematicku úseku mezi hraničními znaky II/71b – 90/1b, tedy mezi Českou a Polskou republikou, lze charakterizovat takto: Specifika státních hranic vedené vodním tokem, tzv. „mokrých“ st. hranic, spočívá v tom, že státní hranice jsou vyznačeny tzv. nepřímou. Což znamená, že hraniční kameny se nacházejí střídavě na českém a polském území a osa státních hranic prochází teoretickou střednicí vodního toku. Oba státy mají zájem na zachování stability říční brázdy toku tam, kde řeka tvoří mokré státní hranice, případné změny jsou řešeny oficiálním jednáním Hraniční komise a podléhají schválení zmocněnců vlád.

Úsek od soutoku Opavy a Opavice – po bývalý jez Kostelec (km 69.0 - 74.0)

V daném úseku, který je upraven ze 100 %, se nachází 3 jezy, 6 spádových objektů a 12 mostních objektů a dotčeným sídlem je Město Krnov.

Ten je druhým největším městem na řece Opavě. Leží na soutoku Opavy s Opavicí (dříve Zlatou Opavicí). Význam města stoupal od konce 18. století s rozvojem textilního průmyslu. [2]

Projekt na úpravu Opavy v Krnově byl Zemské vládě slezské v Opavě předložen v dubnu r. 1892. Navržená soustavná regulace dlouhá 3,8 km začínala pod ústím Opavice na prusko-rakouských hranicích a končila v profilu železničního mostu u krnovského nádraží. Obsahovala stavbu (obnovu) dvou jezů a dvou mostů. Koryto (zčásti v opěrných zdech a s dlažbami na svazích) bylo dimenzováno již na základě hydrotechnických výpočtů na návrhový průtok $228 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nad soutokem (pod soutokem se připouštěly rozlivy). Maximálně byl respektován původní směr řečiště. Stavba byla po zdlouhavém projednávání financování zahájena v r. 1897 a kolaudována v listopadu r. 1901. [2]

Objekty v městské trati řeky jsou: Jez u kina Mír km 70,860, jez tepláren km 71,610, městský jez km 72,820.

V současnosti žije v Krnově 25 tisíc obyvatel a 6 tisíc z nich je bezprostředně ohroženo povodňovými jevy. Ve své historii se město potýkalo s řadou povodní, např. v letech 1813, 1880, 1940 či 1996. Avšak nejničivější povodně přinesl červenec 1997. Díky poloze Krnova na dvou řekách došlo k zaplavení téměř celého intravilánu města. Zatímco průměrný roční průtok na řece Opavě na krnovské vodoměrné stanici je $4,33 \text{ m}^3/\text{s}$, kulminační průtok 7. července 1997 dosáhl hodnoty $375 \text{ m}^3/\text{s}$ a vodní stav 453 cm, což odpovídalo úrovni asi 500-leté vody. [8]

Úsek od bývalého jezu Kostelec – po ústí Čakovského potoka (km 74.0 - 83.3)

V daném úseku, který je upraven ze 42 %, se nachází 1 jez, 10 spádových objektů a 9 mostních objektů a dotčenými sídly jsou Zátor a Brantice.

Na začátku uvedeného úseku v km 74,015 je zrušený bývalý jez Krnov-Kostelec. V tomto období se jedná o nejcitlivější a nejohroženější místo v protipovodňových úpravách Krnova (probíhá soud o určení vlastnictví), stávající podélné opevnění hráze je nadměrně namáháno při povodňových průtocích. Dále, v km 74,850, je balvanitý skluz, „nalepšující“ podmínky pro stav a úroveň podzemních vod jímacího území Kostelec, podél levého břehu mezi Krnovem-Kostelcem a Branticemi se nalézá vodárenský zdroj. V rámci nezbytného zajištění povodňových škod z programu prevence před povodněmi byla regulačními opatřeními, a to včetně výstavby hrází, zvýšena ochrana Krnova-Kostelce a ochrana vodárenského zdroje.

Úsek od ústí Čakovského potoka - po jez Vrbno (km 83.3 - 108.1)

V daném úseku, který je upraven ze 44 %, se nachází 5 jezů, 33 spádových objektů a 16 mostních objektů a dotčenými sídly jsou Karlovice, Široká Niva a Nové Heřminovy.

Tento úsek je z uvedených úseků nejdelší. Důležitými objekty na toku v tomto úseku jsou: jez Zátor Loučky km 83,940, jez Kunov km 92,995, jez Pocheň km 98,550, jez Karlovice km 104,130.

V km 106,330 – 106,650 byla v letech 2010–2012 sanovaná rozsáhlá výtrž za pomoci netradiční, k morfologii toku citlivé soustředovací stavby, která je tvořena třemi drátokamennými výhony. Předpokládá se zamezení destruktivního působení vodního toku na levý břeh, které ohrožovalo zástavbu v lokalitě Karlovice-Zadní Ves za zvýšených a povodňových stavů, a také nárůst usazování nesených štěrků v prostoru výhonů tak, aby nezanášely komplexní protipovodňovou úpravu Karlovic. Od km 102,740-106 je koryto zpevněno soustavnou úpravou. Jedná se o opevněné jednoduché lichoběžníkové koryto se soustavou příčných objektů pro snížení energetického gradientu toku.

V úseku cca km 85,000 – 104,130 jsou 4 tzv. bezzásahové úseky, kde je dodržován režim řízené sukcese, tj. že správce toku a lesa zde odstraňuje pouze překážky plynulého odtoku v toku a území a korytotvorné procesy jsou ponechány přirozenému vývoji,

po dohodě správce toku se správou CHKO Jeseníky a OOP Bruntál. Vliv těchto opatření bude nutno v budoucnu vyhodnotit.

Ve zbývajících úsecích, zejména v intravilánech obcí (Široká Niva, Karlovice), došlo v období po povodni 1997 k bezprostřednímu uvolnění průtočného profilu a následně k realizaci soustavných úprav.

Zúžené místo mezi obcemi Nové Heřminovy a Zátor bylo vytipováno jako vhodný přehradní profil pro vytvoření retenčního prostoru v rámci zajištění protipovodňové ochrany na Horní Opavě.

Jez Vrbno - soutok Černé a Střední Opavy (km 108.1 - 109.3)

V daném úseku, který je upraven ze 100 %, se nachází 1 jez, 28 spádových objektů a 2 mostní objekty a dotčeným sídlem je Město Vrbno.

V tomto úseku se nachází jez Vrbno km 108,120. Součástí úpravy toku ve Vrbně je podélná stabilizace prahy ve dně, v počtu 28 kusů na úseku 1,2 km – typ úprav hrazení bystrin v kombinaci s opevněním břehů kamenným záhozem s urovnáním líce a v některých exponovaných úsecích betonovými zdmi s kamenným obkladem.

2.4. Navrhovaná protipovodňová opatření v povodí horní Opavy

Přímo na řece Opavě neexistuje v současnosti žádná významnější retence vody, která by přispívala k zachycování povodní a k tlumení povodňových průtoků. Akumulační prostory, které se vážou přímo k nivě řeky, tvoří jen zbytek rybníků, z nichž plně funkční jsou dnes pouze již zmíněný Petrův rybník pod Krnovem a také rybník Nezmar u Dolního Benešova. V dřívějších dobách bylo mezi Krnovem a ústím do Odry vybudováno několik rybníčních soustav, ty však ustoupily pozdějšímu vývoji (od začátku 17. stol. byly rybníky postupně přeměňovány na zemědělskou půdu) a dnes se z nich zachovaly jen zbytky. Příkladem toho jsou lokality rybníka Štěpán a Poštovního rybníka v nejspodnější trati toku, vesměs ochraňované jako přírodní rezervace pro mokřadní vegetaci a hnízdění ptactva. Umělou akumulací z posledních desetiletí, která leží v bezprostřední blízkosti řeky Opavy, je vytěžená šterkovna Hlučín, z podstatné části ovšem s „mrtvým“, neodmanipulovatelným objemem.

Velmi významnými vodními díly, přesahujícími význam území povodí Opavy, jsou údolní nádrže *Kružberk* a *Slezská Harta*. Ty však neleží přímo na jejím toku, nýbrž

na přítoku, řece Moravici. Z širšího hlediska tak tlumení povodňových stavů na řece Opavě ovlivňují jen zčásti pod soutokem s Moravicí, tj. pod zájmovým prostorem, kde se diplomová práce zabývá způsobem možnosti revitalizace koryta toku přes městskou trať v Opavě.

Naproti tomu ale významným vodním dílem, které tento úsek tlumením povodní ovlivní, které se v blízkém časovém horizontu teprve chystá a které – jak je v úvodu již naznačeno – určitou rezervu pro možnosti revitalizace toku skýtá, je připravovaná údolní nádrž u Nových Heřminovů. Profil Nové Heřminovy byl vytipován a sledován jako profil možné údolní nádrže již roku 1923, jedná se o úzkou soutěsku s objemnou potenciální nádržní vanou, ve které je možno přitékající vodu akumulovat, resp. zadržet.

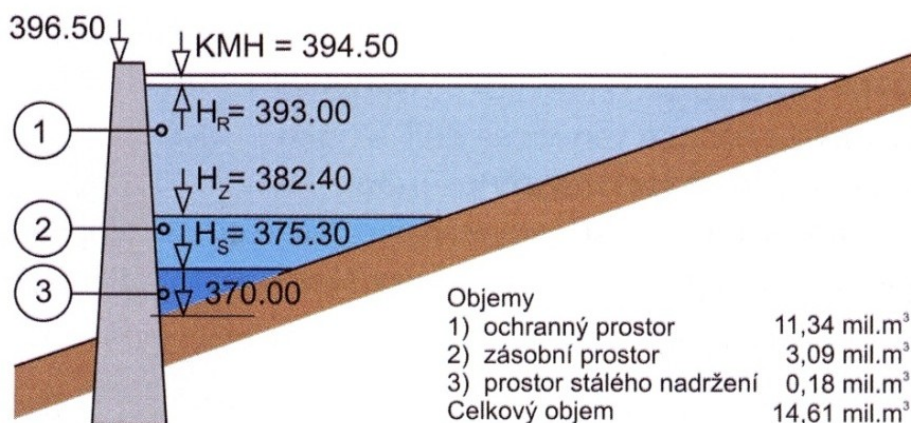
Otázka zajištění nedostačující protipovodňové ochrany na horní Opavě (zejména v úseku od Zátoru po město Opavu) proběhla v posledních patnácti letech komplikovaným procesem a její řešení vyústilo v závěr, že vláda ČR přijala dne 21. dubna 2008 usnesení č. 444 ke konečné variantě opatření na snížení povodňových rizik v povodí horního toku řeky Opavy s využitím přírodě blízkých povodňových opatření. Před čistě ekonomickými hledisky byla usnesením upřednostněna možnost zachování rozhodující části obce Nové Heřminovy a její další rozvoj. Vybrána tak byla varianta menší nádrže Nové Heřminovy v kombinaci s dalšími opatřeními. Státní podnik Povodí Odry byl ustanoven investorem tohoto záměru, včetně provedení majetkového vypořádání. Povodím horní Opavy se rozumí část povodí řeky Opavy po soutok s řekou Moravicí. [15]

Opatření na horní Opavě se dělí do osmi celků

Celek č. 1 obsahuje vlastní *Vodní dílo Nové Heřminovy*

Navrhovaná nádrž Nové Heřminovy bude víceúčelová, přičemž hlavním účelem je tlumení povodní. Návrhovou povodeň s kulminačním průtokem $206 \text{ m}^3/\text{s}$ lze nádrží transformovat na $100 \text{ m}^3/\text{s}$. Nádrž má celkový objem 15 miliónů m^3 a umožňuje zachování rozhodující části zástavby obce Nové Heřminovy. V nádrži je vymezen určitý rozsah zásobního prostoru pro nadlepšování průtoků v době sucha. Nádrž umožní i rekreaci a doplňkovou výrobu elektrické energie. Při malých povodních k využívání ochranného prostoru v nádrži docházet nebude a jeho plnění je považováno spíše za nežádoucí. Odtoky

z nádrže velikosti $100 \text{ m}^3/\text{s}$ zvětšené o přítoky z mezipodolí je nutné bezpečně provést sídly po toku.



Obr. č. 4: Parametry údolní nádrže Nové Heřminovy (zdroj: Povodí Odry s. p.)

Navrhovaným řešením hráze je betonová tížní hráz s částečným obsypem. Pět bloků hráze je vybaveno pevnými čelními přelivy. Čtyři kapacitní spodní výpusti umožní vypouštění transformovaného průtoku $100 \text{ m}^3/\text{s}$, a to bez vzestupu hladiny nad úroveň zásobní hladiny. Přehradní hrází prochází obtok nádrže, který lze za extrémních povodní spolehlivě uzavírat. Do souboru objektů přehradní části také náleží elektrárna, příslušné terénní úpravy, odpadní koryto a další úpravy pod hrází.



Obr. č. 5: Údolní nádrž Nové Heřminovy (zdroj: Povodí Odry s. p.)

Celek č. 2 – Opatření na vodních tocích řeší úpravy koryt, ohrázování, objekty na vodních tocích a další objekty s vodním tokem související a soubor doprovodných revitalizačních opatření pro zlepšení hydromorfologického stavu vodních toků.

Celek č. 3 – zahrnuje Rozšíření monitorovací sítě.

Celek č. 4 – Soubor malých vodních nádrží, které jsou navrženy jako suché nádrže.

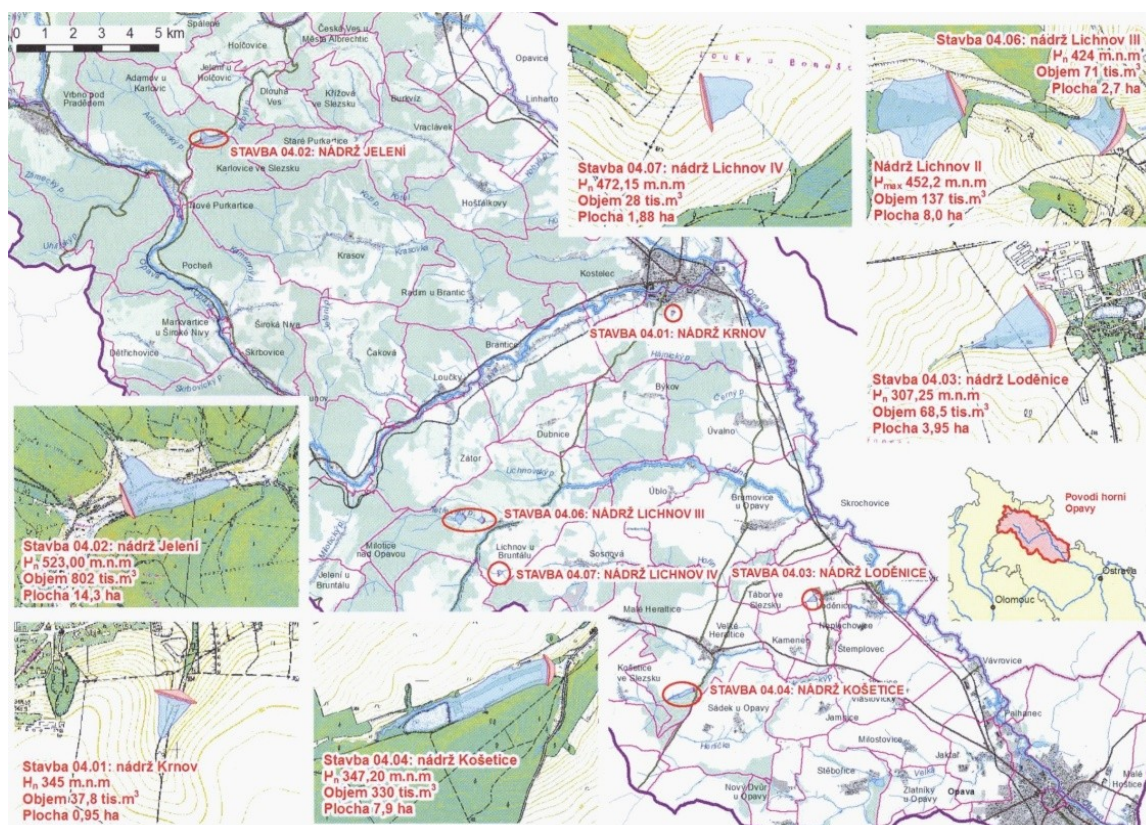
Celek č. 5 – Úpravy v krajině.

Celek č. 6 – Náhradní výsadba.

Celek č. 7 – Dopravní obslužnost území a infrastruktura.

Celek č. 8 – Přeložka silnice I/45. [13]

Uvedené celky ad 2) – 8), byť svými efekty pro danou lokalitu a její bezprostřední okolí velmi významné, poměry v úseku řeky, který je předmětem diplomní práce, neovlivní, a proto mimo následující schéma nejsou blíže rozváděny.



Obr. č. 6: Soubor malých vodních nádrží (zdroj: Povodí Odry s. p.)

3. OBECNÉ MOŽNOSTI PŘÍRODĚ BLÍZKÝCH ZÁSAHŮ DO MORFOLOGIE UPRAVENÝCH KORYT

Revitalizace vodních toků lze dělit na tzv. renaturace a technické revitalizace.

3.1. Renaturace

Spočívá v ponechání upraveného úseku toku jeho samostatnému vývoji bez dalších zásahů, tzn. spolu i se zanášením upravených koryt splaveninami, zarůstáním bylinami a dřevinami a s postupným rozpadem umělých opevnění a dalších technických prvků.

3.2. Technické revitalizace

Cílem technických revitalizací je především odstranění nepříznivých dopadů dřívějších úprav vodních toků a niv a jejich opětovné přiblížení přírodě. Jedná se o záměrná stavebně-technická opatření. Revitalizace se snaží obnovovat přirozené tvary a členitost trasy koryta, například jeho vlnění, pokud je k dispozici prostor. Tvary trasy by měly odpovídat přírodním podmínkám.

Je nutné řešit také migrační prostupnost toků. Migrace je jednou ze základních potřeb ryb i dalších vodních organismů. Většina ryb překonává překážky proplutím, ale některé druhy mohou překážku přeskočit (např. losos a pstruh). Příčné stavby a vzdouvací objekty či místa s nedostatečnou hloubkou vodního sloupce jsou pro vodní organismy překážkami. Nejvhodnějším řešením je výstavba rybích přechodů nebo vytvoření obtokových kanálů (bypassů). Je rovněž možné vybudovat rampy a balvanité skluzy.



Obr. č. 7: Rybí přechod na řece Blanici ve Vlašimi (foto: Burel)

V nivě lze vytvářet nivní biotopy, pokud je to možné. Povodněmi vytvořené izolované prohlubně v nivách a zbytky starých postranních ramen mohou vytvářet tůň.

Významné z ekologického hlediska je také navrhování vegetačních úprav a ochrana a obnova rostlin v příbřežní zóně.

V intravilánech jsou možnosti revitalizačních zásahů značně omezené a obvykle bývají spojeny s protipovodňovou ochranou. Zde jsou možná řešení například rozčlenění dna položením kamenů, lépe architektonicky vyřešit silně skloněné břehy a odstranění migračních překážek. V rámci parkových úprav je možné vytvořit říční ramena a tůň. Revitalizace upravených koryt vodních toků v intravilánech měst je spojena i s tzv. humanizací, s nutností technických zásahů v korytě s cílem změnit morfologii ve vztahu k využití území pro rekreaci, tedy jeho začlenění do městského prostoru. V městských tratích jsou koryta dimenzována na N-letou vodu odpovídající stupni ochrany dotčeného území. Netechnická pasivní protipovodňová opatření vybudovaná v extravilánech nedokážou uchránit zastavěné údolní nivy na území intravilánů před záplavami, ale mohou snížit nároky na technické úpravy koryt. Nezanedbatelný je rovněž faktor zpomalení tzv. rychlých odtoků, což může ovlivnit urbanizované jednotky ležící na soutocích. Je proto vhodné hledat tzv. retenční kompenzační plochy, kde by bylo možné na určitou dobu vodu zadržet, přičemž lze uplatnit i tzv. řízené zaplavování. [4]

3.2.1. Přijatelná opatření v intravilánu města Opava

Břeh vytvořený z kamenů a balvanů

Cílem je stabilizace příčného profilu koryta a zpevnění břehu, ale také vytvoření břehových úkrytů pro živočichy. Kameny mohou být pouze pod vodou, nebo zasahují nad vodu, aby se vytvořily úkryty pro suchozemské živočichy.

Osamělé balvany

Hodí se především pro větší toky. Nelze použít na toku a nestabilizovaným dnem kde hrozí nebezpečí utopení balvanu. Slouží jako úkryty pro ryby, rozčleňují vodní prostředí a vytvářejí mikrobiotopy pro vodní zvířena.

Zdrsněné dno

Jde o nepravidelné rozmístění kamenů a balvanů v korytě, jehož účelem je rozčlenění toku a zpomalení jeho průměrné rychlosti, zároveň zvýšení turbidity proudění, tím i zlepšení okysličování a zvýšení samočistící schopnosti. Jednotlivé kameny vytvářejí biotopy pro vodní zvířenu. Jednou z možností zdrsněného dna je umělá peřej, zdrsněné dno na určité délce toku. Peřej do jisté míry nadržuje vodu a vytváří velké množství úkrytů a nejrůznějších biotopů.



Obr. č. 8: Osamělý balvan, břeh vytvořený z kamenů, zdrsněné dno - revitalizace řeky Blanice ve Vlašimi (foto: Burel)

Příčný práh

Slouží ke stabilizaci nivelety dna hladiny za účelem zajištění stabilnějšího vodního sloupce a zvýšení členitosti toku. Je třeba řešit výšku objektu a jeho migrační prostupnost. Krátká peřej vzniklá realizací příčného prahu zajišťuje okysličování vody, vytvářejí se zde specifické mikrobiotopy.

Břehové porosty

V městské trati vodního toku představuje vegetační doprovod základní podmínku pro vytvoření klidových zón v blízkosti toků ve městech. Břehové a doprovodné porosty jsou vyhodnocovány jednak z hlediska jejich hustoty a jednak z hlediska vhodnosti druhového složení. V intravilánech měst kde jsou koryta opevněná a dimenzovaná na návrhový průtok je možná pouze jejich řídká výsadba, která plní hlavně estetickou a rekreační funkci. Porosty zde, na rozdíl od výsadby v extravilánech, nevytvářejí biokoridor pro zvířata. Jejich nevhodné umístění může narušit stabilitu svahů a průtokové poměry v korytě. V říčním profilu působí udržovaný vegetační doprovod vodního toku

jako dominantní prvek a jeho estetický vliv na celkový charakter oblasti je nezanedbatelný.[9]

V případě intravilánu města Opavy je důležité navrhnout zásahy do říčního profilu s maximálním ohledem na stávající vegetaci v korytě, i když se jedná o náletové dřeviny.

Současný stav břehových porostů v městské trati řeky Opavy v Opavě

V současné době je vegetace v intravilánu města složena ze stromů a keřů nepravidelně a sporadicky rozmístěných v břehových svazích. Druhy dřevin, které se zde vyskytují, jsou vrba, olše, jasan, javor, bříza, topol a střemcha.



*Obr. č. 9: Levobřežní vegetace v korytě řeky Opavy u soutoku s Pilštským potokem
(foto: Kunze)*



*Obr. č. 10: Pravobřežní vegetace v korytě řeky Opavy nad opěrnou zdí nad mostem
Pekařská (foto: Kunze)*

Humanizační, urbanistická opatření

Jako příklad možného humanizačního opatření lze v městské trati toku umístit, s přihlédnutím k prostorovým možnostem bermy v korytě řeky Opavy a provozním potřebám správce vodního toku, také opalovací plochy s deskovým povrchem podobné těm, které byly vybudovány na řece Ostravici v intravilánu města Ostravy. Vzhledem k prostorovému řešení této stavby by nemělo dojít k výraznému zhoršení odtokových poměrů.



Obr. č. 11: Opalovací plochy na řece Ostravici v Ostravě (foto: Kunze)

Opatření, které lze budovat mimo průtočný profil, jsou lavičky za břehovou hranou a pochůzí rampa nad opěrnými zdmi.

3.3. Již realizovaná humanizační opatření v Opavě

V levobřežní části řeky Opavy ve městě Opavě již v současné době existují opatření, která by zpřístupnění a začlenění toku do městského rámce měla přispět. Jsou to schody zapuštěné v opěrné zdi na Hozově nábřeží nad lávkou pro pěší. Cyklostezka, která je umístěna na levobřežní bermu a kopíruje opěrnou zeď od hasičské zbrojnice v Kateřinkách po Kolofíkovu nábřeží a podchází pod lávkou pro pěší do Kateřinek a pod mostem na ulici Ratibořské. Dále jsou to nábřežní tribuny, které jsou umístěny ve svahu levého břehu v úseku od mostu Pekařská po cyklostezku u hasičské zbrojnice v Kateřinkách, sloužící k možnosti posezení a odpočinku.



Obr. č. 12: Cyklostezka a schody zapuštěné v opěrné zdi na Hozově nábřeží (foto: Kunze)



Obr. č. 13 : Nábřežní tribuny v pravobřežním úseku od mostu Pekařská po cyklostezku (foto: Kunze)

4. NÁVRH OPATŘENÍ REVITALIZAČNÍHO TYPU NA TOKU PŘES MĚSTO OPAVU V SOUVISLOSTI S ÚČINKY PLÁNOVANÉ ÚDOLNÍ NÁDRŽE U NOVÝCH HEŘMINOVŮ

Výstavba požadované nádrže slouží k zachycení kulminačních průtoků a velkých vod. Následující tabulka uvádí hodnoty ovlivněných průtoků po výstavbě údolní nádrže Nové Heřminovy. Je z ní patrné, že vyšší efekt nádrž dává pro vyšší povodně (s nižší četností výskytu). Je navržena tak, že má zachytávat jen špičky větších povodní, a to nad určitou mez.

	Q₁	Q₂	Q₅	Q₁₀	Q₂₀	Q₅₀	Q₁₀₀
neovliněné N-leté vody v m³/s	46	74	124	171	226	312	388
ovlivnění ÚN N.Heřminovy	40	66	115	158	210	275	330

Tabulka č. 4: údaje ovlivněných průtoků údolní nádrží Nové Heřminovy pro profil Kolofíkovo nábřeží

Zmapováno bylo území od silničního mostu na prodloužené Rolnické ulici km 38,997 po lávku na Kolofíkově nábřeží km 35,730 tedy přibližně úsek 3,2 km, včetně mostů, lávek a stávajících levobřežních staveb (cyklostezka, nábřežní lavice, schody v opěrné zdi), které jsou rozmístěny v korytě toku, v levobřežním úseku od mostu Pekařská km 37,250 po lávku do Kateřinek km 37,740.

Samotné řešení návrhu revitalizačních a humanizačních opatření se soustřeďuje na výsadbu doprovodných břehových porostů a zpřístupnění pravobřežní části koryta toku obyvatelům a návštěvníkům města.

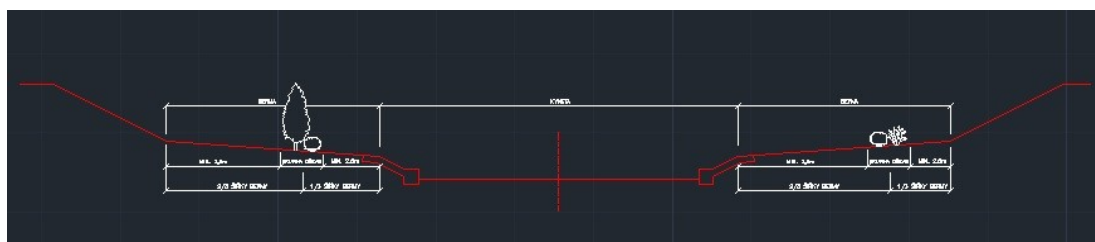


Obr. č. 14: Přehledná situace území 1:24000 (zdroj: Mapy.cz.)

4.1. Břehové a doprovodné porosty

Výsadba břehových a doprovodných porostů v intravilánu plní, jak již bylo uvedeno výše, hlavně funkci estetickou a rekreační. Její návrh je tedy kompromisem mezi hlediskem zachování protipovodňové ochrany, provozní údržby a hlediskem využití koryta toku pro rekreační účely.

Břehové porosty v intravilánu města se navrhuje vysadit v centrální části města Opava na bermách v úseku o délce 1,4 km dle vzorových příčných řezů (viz příloha č. 3).



Obr. č. 15 : Charakteristický příčný řez výsadby břehových porostů (AutoCAD)

Úseky výsadby jsou rozděleny do tří dílčích částí podle míst křížení mostních konstrukcí. První od mostu Mostní ul. km 37,890 po most Pekařská ul. km 37,250, kde má koryto tvar dvojitého lichoběžníku. Dále v úseku od mostu Pekařská km 37,250 po lávku do Kateřinek km 36,740, kde je koryto částečně také lichoběžníkového profilu a postupně ve směru proudu toku přechází do profilu vedeného v nábrežních zdech. Třetí pak od lávky

do Kateřinek km 36,740 po ulici Ratibořskou km 36,480, kde je koryto vedeno v nábrežních zdech. Přibližně 100m nad lávkou, v km 36,848, je svedena na levobřežní bermu cyklostezka, do níž zasahuje přibližně 3m, na výšku její těleso činí přibližně 0,5 m. V levobřežním úseku se tedy výsadba nenavrhuje, a to hlavně z toho důvodu, že na zbytku bermy, přibližně v šířce 3 m, by nebyl možný pohyb s mechanizací používanou správcem toku k jeho údržbě. Návrh výsadby zahrnuje osm vegetačních seskupení na každém břehu, přibližně po délce 10 m a šířce 1-1,5 m. Pro břehové porosty byl ve výpočtu použit součinitel drsnosti $n = 0,1$. Výsadba by měla být provedena buď solitéry, nebo ve skupinkách (keře 1-3 kusy), mezi nimiž bude vzdálenost 20-50 m (viz příloha č. 1). Na bermě je potřeba zachovat manipulační pruh pro pojezd mechanizace 2,5 m od paty svahu břehu a 2,5 m od horní hrany kynety. K výsadbě lze doporučit pouze keřové vrby, střemchy, brslen, svída atd. Dřeviny ve skupinkách a útvarech se navrhuje vysadit ve sponu (respektive vzdálenosti) 1-3 m. Předpokládá se použití kultivarů o výšce kolem 1 m (dospělejší keře). Velikost keřů by měla být redukována pravidelným řezem dvakrát ročně. Při plánování druhové skladby výsadby je třeba vycházet z geobiocenologických map, jimiž disponuje Povodí Odry, s. p.

Vodní tok: Opava		km 0,000 - 82,500		3. vegetační stupeň	
dubové jaseniny = QFr = Querci roboris-fraxineta					
břehové porosty		zastoupení v %		doprovodné porosty	
				zastoupení v %	
stromy základní					
olše lepkavá (Alnus glutinosa)	40-60	dub letní (Quercus robur)	50-70		
vrba křehká (Salix fragilis)	0-40	jasan ztepilý (Fraxinus excelsior)	30-50		
vrba červenavá (Salix x rubens)	0-40	lípa srdčitá (Tilia cordata)	10-20		
vrba bílá (Salix alba)	0-20				
stromy doplňkové					
dub letní (Quercus robur)	10-20	topol černý (Populus nigra)	0-10		
jasan ztepilý (Fraxinus excelsior)	10-20	jilm polní (Ulmus minor)	0-10		
topol černý (Populus nigra)	0-10	střemcha hroznovitá (Padus avium)	0-10		
střemcha hroznovitá (Padus avium)	0-10	javor babyka (Acer campestre)	0-10		
		jilm vaz (Ulmus laevis)	0-10		
		javor mlíč (Acer platanoides)	0-10		
přípustné druhy keřů (poměrné zastoupení se nesleduje)					
vrba košíkářská (Salix viminalis)		brslen evropský (Euonymus europaea)			
vrba trojmužná (Salix triandra)		kalina obecná (Viburnum opulus)			
vrba popelavá (Salix cinerea)		vrba popelavá (Salix cinerea)			
		svída krvavá (Swida sanguinea)			
		bez černý (Sambucus nigra)			

Obr. č. 16 : Zastoupení dřevin v břehových a doprovodných porostech vodního toku Opava dle geobiocenologických map (zdroj: Povodí Odry s. p.)

Výsadbu lze realizovat v úseku délky 20 m nad a pod průtočným profilem mostů a lávek křížících vodní tok, aby pláví a dříví, které se může na porostech zachytit, ještě více nezhoršovalo průchod velkých vod mostními otvory. Břehové porosty nelze navrhovat v ochranných pásmech inženýrských sítí, které kříží vodní tok nebo jsou s ním v souběhu. Projekční řešení musí umožnit následnou řádnou údržbu a nesmí omezovat další provozní potřeby správce vodního toku.



Obr. č. 17 : Úsek navrhované výsadby od mostu na Mostní ulici v km 37,890 po most na Pekařské ulici km 37,250 (foto: Kunze)



Obr. č. 18 : Úsek navrhované výsadby od mostu Pekařská uice.km 37,250 po lávku do Kateřinek km 36,740 (foto: Kunze)



Obr. č. 19 : Úsek navrhované pravobřežní výsadby vedený v nábrežních zdech od odbočení městského náhonu po most na Ratibořské ulici km 36,480 (foto: Kunze)

4.2. Stavebně – technická humanizační opatření

Pravý břeh řeky Opavy, který je asymetricky blíže k centru města Opavy než břeh levý, v úseku od Ochranovy ulice km 36,975 po lávku do Kateřinek km 36,740, je obtížně přístupný. Vzhledem k tomu lze provést jen úpravu stávající pravobřežní opěrné zdi, do

které se navrhuje zabudovat obdobné opatření, tedy schody zapuštěné v nábrežní zdi, jako je již provedeno v levobřežní opěrné zdi na Hozově nábreží nad lávkou pro pěší (viz obr. č. 22). Dále lze realizovat, v úseku nad opěrnou zdí pod parkem u Ochranovy ulice, stupňovité členění svahu břehu, amfiteátr zapuštěný do svahu (viz příloha č. 4). Ten by mohl sloužit k rekreaci, ale také třeba k pořádání kulturních akcí. Berma by mohla být zpevněna dlažbou do betonu tak, aby bylo zabráněno prorůstání trávy. Zároveň by mohl být odstupňován i svah kynety pro lepší přístup k vodě. Amfiteátr, zapuštěný ve svahu, kdy jednotlivé tribuny nevyčnívají za břehovou hranu, neomezí stávající plochu průtočného profilu. Zároveň v oblasti jeho výstavby dojde k určitému snížení součinitele drsnosti „n“ z hodnoty 0,035, používané pro udržovaný travní porost, na 0,016, používané pro dlážděný a betonový povrch. Na úpravu svahu břehu lze navázat přístupovými chodníky z prostoru nad břehovou hranou, např. z parku. S tím souvisí i přístup po trase provozované cyklostezky a možnost odpočinku cyklistů. Těmito opatřeními dojde ke zkultivování městského prostoru, který se stane atraktivnějším místem pro návštěvníky.



Obr. č. 20: Umístění navrženého amfiteátru (nábrežních teras) se zpevněnou bermou a členěnou kynetou (foto: Kunze)



Obr. č. 21 : Příklad možného stavebního řešení teras - revitalizace rybníka Pustá Polom (foto: Kunze)



Obr. č. 22: Umístění současných schodů v levobřežní opěrné zdi na Hozově nábřeží a místo v pravobřežní opěrné zdi na ulici Vodní, kde se navrhuje obdobné opatření (foto: Kunze)

5. HYDROTECHNICKÉ POSOUZENÍ NÁVRHU

Posouzení, která řeší hydrotechnickou situaci, zejména umístění a vlivu navržených opatření na průtočnost prostředí, se dělí na dvě větve:

- výpočet bez revitalizačních (resp. humanizačních) opatření
 - a) za neovlivněných průtoků výstavbou protipovodňových opatření v povodí horní Opavy
 - b) s ovlivněnými průtoky předpokládanou výstavbou údolní nádrže u Nových Heřminovů
- výpočet s navrženými revitalizačními (resp. humanizačními) opatřeními
 - c) za neovlivněných průtoků výstavbou protipovodňových opatření v povodí horní Opavy
 - d) s ovlivněnými průtoky předpokládanou výstavbou údolní nádrže u Nových Heřminovů

Nástrojem k hydrotechnickému posouzení celého návrhu bylo vytvoření výpočtového hydraulického modelu říčního systému řeky Opavy v intravilánu města. Hlavním cílem bylo využít vytvořený model pro posouzení průchodu velkých vod s dobou opakování 100, 20 a 5 let (Q_{100} , Q_{20} a Q_5) úsekem intravilánu města Opavy ve všech čtyřech výše uvedených variantách a stanovení využitelného prostoru pro návrh revitalizačních opatření. Hydrotechnické posouzení se zaměřilo na řešení proudění v korytě a řešení proudění objekty a sledování jejich vlivu na vzduť hladiny.

Pro nástin hydraulických poměrů bylo využito programového prostředí **HEC-RAS**, *Water Surface Profiles Computer Program*, ve verzi. 4.1.0, vyvinutý US Army Corps of Engineers, the Hydrologic Engineering Center. Systém umožňuje řešení ustáleného i neustáleného nerovnoměrného proudění v přirozených otevřených korytech s možností vyjádření obecných objektů na toku. [20]

Morfologie koryta byla určena na základě níže uvedených měřičských a mapových podkladů, doplněných terénním průzkumem.

5.1. Podklady pro model říční sítě

Měřické podklady

Geodetické zaměření vybraných příčných profilů, vedených ve sledovaném úseku toku napříč korytem, zpracované firmou Aquatis.

Schematické zaměření mostů zpracované firmou Aquatis a dalších objektů v průtočných profilech, zpracované firmou Studio-D Opava s.r.o.

Mapové podklady

Mapový podklad s vyznačením katastru nemovitostí v měřítku 1:10 000, zdroj: archiv Povodí Odry, s. p.

Hydrologické podklady

Základní hydrologické údaje zpracované ČHMÚ, pobočka Ostrava, Povodí Odry s. p. Ostrava (Tabulka č. 5).

profil Kolofíkovo nábreží	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀
neovlivněné N-leté vody (m ³ /s)	124	226	388
výška hladin (m n. m.)	246,65	247,36	248,12
ovlivnění údolní nádrží Nové Heřminovy (m ³ /s)	115	210	330
výška hladin (m n. m.)	246,55	247,28	247,87

Tabulka č. 5: Hydrologických údaje pro závěrový profil Kolofíkovo nábreží

Dlouhodobý průměrný průtok v Opavě ve výšce 7,42 m³/s je na úrovni s výškou hladiny 244,67 m n. m.

5.2. Stručný popis využitých parametrů programu HEC – RAS 4.1.0. ve zpracovaném posouzení

Pro hydraulické posouzení kapacit koryta a objektů bylo využito metod hydrauliky ustáleného proudění pro stanovení podélných profilů hladin, odpovídajících jednotlivým návrhovým Q_n-letým vodám. [20]

Použitý model vyžaduje zadání kulminačních průtoků v okrajových profilech. V závěrových profilech říčního úseku je volena jediná hodnota (hladina nebo průtok) případně jiná hydraulická podmínka. Základní výpočetní schéma ustáleného proudění je založeno na výpočtu nerovnoměrného proudění vody v neprizmatických korytech metodou po úsecích. Stanovení hodnot součinitele drsnosti bylo provedeno na základě zkušeností z předchozích studií na řece Opavě. Hodnoty lze zadávat v různých bodech

příčného řezu průtočného profilu, daná hodnota pak platí až k bodu další změny hodnoty parametru „n“. [20]

Název	Popis	Součinitel drsnosti n
Trávník	Udržovaný travní porost, dvakrát ročně sekaný	0,035
Les_hustý	Les se všemi pásmy (bylinné, keřové, stromové)	0,1
Kyneta	Zahrnuje dno a svahy kynety	0,025
Beton	Betonový povrch běžného provedení	0,016
Živice	Silnice	0,016

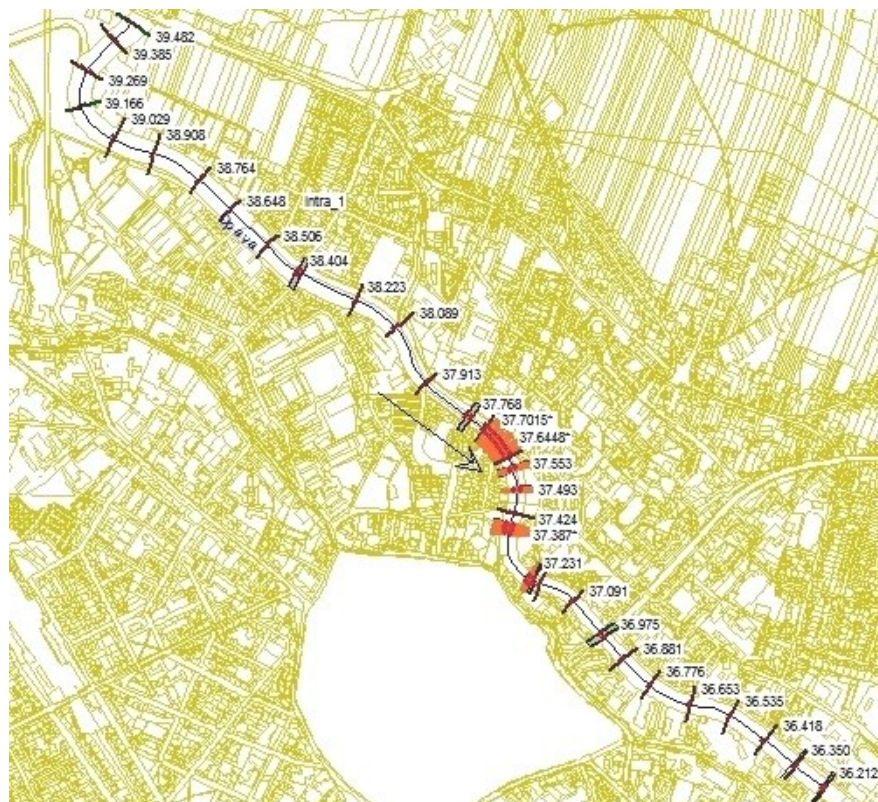
Tabulka č. 6: Doporučené hodnoty součinitele drsnosti použité v posouzení

Pro účel prošetření řeky Opavy ve městě Opavě je třeba určit jednak počet řešených profilů hladinového režimu (*Number of profiles*, v našem případě tří skupin hodnot návrhových průtoků Q_{100} , Q_{20} a Q_5), staničení toku v km, do nichž budou tyto hodnoty umístěny a typ okrajové podmínky (*Reach Boundary Conditions*), v našem případě hodnot průtoků v obou závěrových profilech.

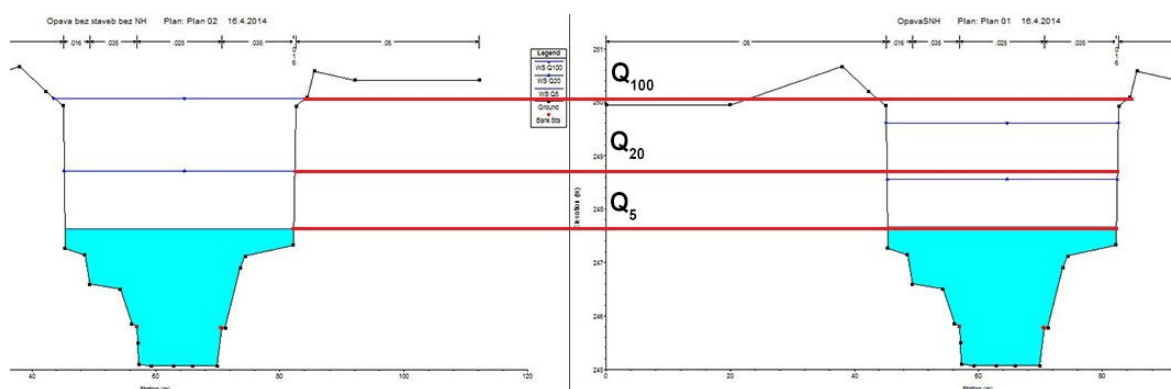
5.3. Presentace výsledků

Pro prezentaci výsledků v programu HEC-RAS bylo využito vykreslení příčného profilu (viz obr. č. 24) a podélného profilu (viz příloha č. 2) se zobrazením různých stavových veličin (výška hladiny, celkový průtok, rychlost proudění).

Byla vypočtená výška hladin pro Q_5 , Q_{20} a Q_{100} pro případ průtoku bez ovlivnění výstavbou nádrže Nové Heřminovy a pro případ průtoku s jejím vlivem. Prostor, který rozdílem průtoků v těchto dvou případech vzniká, byl využit k návrhu revitalizačních humanizačních opatření v městské trati řeky Opavy. V prostředí HEC RAS byl vytvořen model terénu koryta řeky Opavy v intravilánu města Opava.

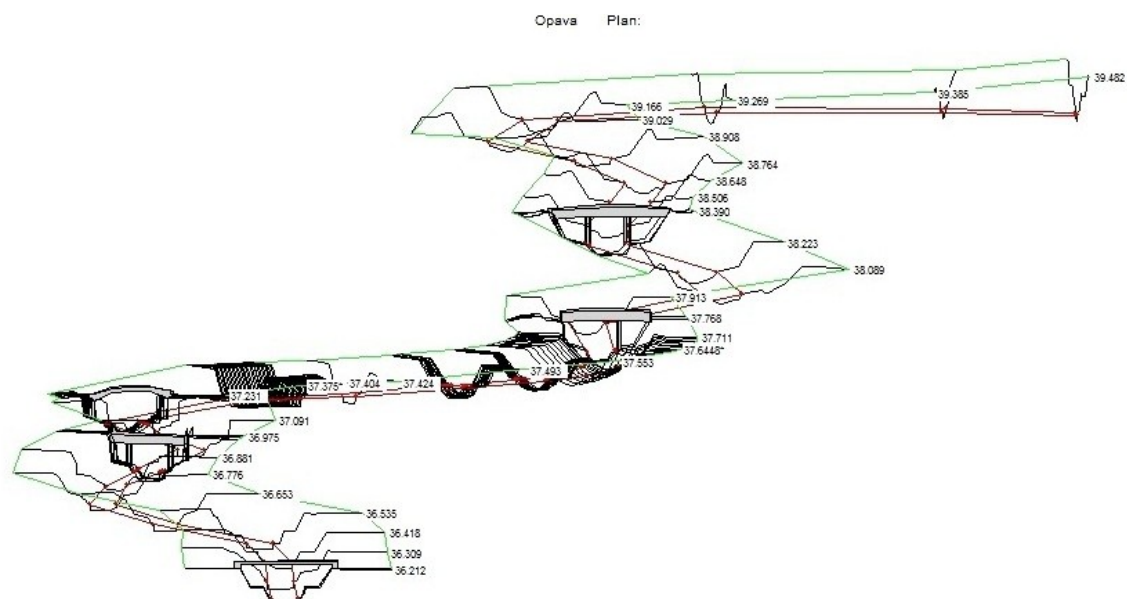


Obr. č. 23: Topologie říční kostry jako podklad sestavení modelu intravilánu Opavy (zdroj Hec Ras)



Obr. č. 24: Zobrazení příčného profilu pod lávkou do Kateřinek km 36,740 bez účinku protipovodňových opatření na horní Opavě a s účinkem údolní nádrže Nové Heřminovy (zdroj: Hec Ras)

Z obrázku č. 24 je, po srovnání hladin N-letých průtoků, patrný využitelný prostor pro realizaci revitalizačních humanizačních opatření v profilu km 36,700, který vznikne po výstavbě údolní nádrže Nové Heřminovy v povodí horní Opavy.



Obr. č. 25: Axonometrie vybraného úseku prodloužená Rolnická – lávka Kolofíkovo nábřeží (zdroj: Hec Ras)

	současný stav Q_5	s VD Nové Heřminovy Q_5	současný stav Q_{20}	s VD Nové Heřminovy Q_{20}	současný stav Q_{100}	s VD Nové Heřminovy Q_{100}
N-leté průtoky (m ³ /s)	121	112	221	205	380	322
výšky hladiny bez navrhovaných opatření (m n. m.)	247,55	247,45	248,36	248,24	249,41	249,05
výška hladiny s návrhem opatření (m n. m.)	247,54	247,47	248,36	248,25	249,4	249,05

Tabulkač. 7. Zobrazení vybraných hydraulických charakteristik pro příčný profil v km 36,570 pro návrhové průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100}

Profil v km 36,570 byl pro vyhodnocení vybraných hydraulických charakteristik vybrán jako reprezentativní, charakterizující změněné průtoky jako celek, protože se nachází těsně pod všemi navrženými stavebními úpravami a navrženou výsadbou břehových porostů. Z hodnot jednotlivých hydraulických charakteristik pro profil v km 36,570 uvedených v tabulce, vycházejících z šetření v prostředí HEC RAS, je patrné, že navržené „stavby“ (včetně ozelenění) ovlivňují výšku hladiny a zpomalují rychlost proudění vody v korytě. Dále z tabulky vyplývá, že navržená opatření jsou z hlediska odtokových poměrů v městské trati řeky přijatelná, protože jejich výstavbou, v případě kdy započítáme účinek protipovodňových opatření v povodí horní Opavy (výstavbu nádrže Nové Heřminovy), nedojde k překročení úrovně výšek hladin, které zde panují za současného stavu.

6. ZÁVĚR

Vzhledem k tomu, že řeka Opava je významným krajinným prvkem města Opavy, bylo cílem diplomové práce toto území zatraktivnit zejména pro obyvatele a návštěvníky města. Tato opatření je ovšem nutno navrhovat s opatrností, neboť kapacita koryta řeky pro převádění povodňových průtoků nemá velké rezervy. Z výsledků propočtů v prostředí výpočtového modelu HEC RAS vyplývá, že po výstavbě nádrže vznikne v městské trati určitý prostor, který je možno využít ke zlepšení protipovodňové ochrany města, nebo k realizaci navrhnutých revitalizačních humanizačních opatření. Navržená opatření, stavební objekty a břehové porosty si z tohoto prostoru uberou pro svou realizaci určitou část. Stavební objekty, jimiž jsou navržený amfiteátr a schody v opěrné zdi, mají na výšku hladiny menší vliv než břehové porosty, a to z toho důvodu, že tyto objekty jsou zasazeny do stávajícího břehu, resp. do opěrné zdi, nezmenšují průtočný profil a nezvyšují jeho drsnost. Naopak ji snižují, protože zde dojde ke změně ze zatravněného povrchu na povrch dlážděný. Břehové porosty, jejichž výsadba se soustřeďuje na centrální část intravilánu a je navržena na každém břehu v osmi dílčích uskupeních o rozměrech cca 10 m x 1,5 m zvětší součinitele drsnosti na $n = 0,1$, částečně i zmenší průtočný profil a zvýší jeho drsnost. Spolu dohromady však celkově zásadně neovlivní proudění v průtočném profilu a nesníží současný stupeň povodňové ochrany přes město Opavu.

Seznam použité literatury

1. Atlas vodních toků povodí Odry. - 2012. - http://www.pod.cz/atlas_toku/.
2. **Brosch Otto** Povodí Odry. - Ostrava : Nakladatelství ANAGRAM s. r. o., 2005. - str. 323. - ISBN: 80-7342-048-1.
3. **Gehl Jan** Cities for people / překl. Blažek K. a B. Blažková. - Brno : Island Press, 2010. - str. 261. - ISBN: 978-80-260-2080-6.
4. **Just T.** Revitalizace vodního prostředí. - Praha : Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2003. - str. 144. - ISBN: 80-86064-72-7.
5. **Králová Helena** Řeky pro život. - Brno : Veronica, 2001. - str. 439. - ISBN: 80-238-8939-7.
6. **Mareš Karel** Úpravy toků: Navrhování koryt. - Praha : ČVUT stavební fakulta, 1993. - ISBN: 80-01-00903-3.
7. **Marhoun Karel a kolektiv** Dřevinný vegetační doprovod vodních toků návrh metodických pokynů Hydroprojekt. - Brno : Služby města Brna, 1982. - str. 54.
8. Město Krnov.- <http://www.krnov.cz/>.
9. Plán oblasti povodí Odry.- <http://www.pod.cz/planovani>.
10. **Prchalová Jana** Zákon o ochraně přírody a krajiny 114/1992 Sb. a Natura 2000 komentář a prováděcí předpisy. - Praha : Linde, 2006. - str. 351. - ISBN: 80-7201-575-3.
11. Statutární město Opava. - <http://www.opava-city.cz/>.
12. **Šlezinger M.** Hydrotechnické stavby I. Modul 2 Návrh říčního koryta II. - Brno : VUT FAST, 2005. - str. 127.
13. **Šlezinger M.** Revitalizace toků - příspěvek k problematice úprav vodních toků. - Brno : Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering. Institut of Water Structures, 2010. - ISBN: 978-80-214-3942-9.
14. **Šlezinger M.** Stabilizace říčních ekosystémů. - Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2005. - str. 353. - ISBN: 80-7204-403-6.
15. **Švancara Jiří** Ochrana úřed povodněmi v povodí horní Opavě a vodní dílo Nové Heřminovy. Inženýrská komora 2013. - Praha : Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, Březen 2013.
16. Úpravy řek TNV 75 2013. - Praha : Hydroprojekt a. s., 1998. - str. 39.

17. Vegetační doprovod vodních toků, oborová norma 73 6827. - Praha : ÚNM, 1985. - str. 32.
18. Vodní hospodářství - Terminologie vodních toků ČSN 75 0121: Český normalizační institut, 2003. - str. 33.
19. Vodní zákon 254/2001 Sb. v úplném znění s komentářem. - Praha : Soudy, 2011. - str. 423.
20. **Zezulák J., Křovák F. a J. Hybášek** Generel Litovicko-Šáreckého potoka a jeho přítoků // Povodňový model. - Praha : 2005.

Seznam obrázků

1. Hranice povodí
2. Průměrný roční úhrn srážek
3. Hustota zalidnění dle ORP
4. Parametry údolní nádrže Nové Heřminovy
5. Údolní nádrž Nové Heřminovy
6. Soubor malých vodních nádrží
7. Rybí přechod na řece Blanici ve Vlašimi
8. Osamělý balvan, břeh vytvořený z kamenů, zdrsňené dno - revitalizace řeky Blanice ve Vlašimi
9. Levobřežní vegetace v korytě řeky Opavy u soutoku s Pilštským potokem
10. Pravobřežní vegetace v korytě řeky Opavy nad opěrnou zdí nad mostem Pekařská
11. Opalovací plochy na řece Ostravici v Ostravě
12. Cyklostezka a schody zapuštěné v opěrné zdi na Hozově nábřeží
13. Nábřežní tribuny v pravobřežním úseku od mostu Pekařská po cyklostezku
14. Přehledná situace území 1:24000
15. Charakteristický příčný řez výsadby břehových porostů
16. Zastoupení dřevin v břehových a doprovodných porostech vodního toku Opava dle geobiocenologických map
17. Úsek navrhované výsadby od mostu na Mostní ulici v km 37,890 po most na Pekařské ulici km 37,250
18. Úsek navrhované výsadby od mostu Pekařská ulice km 37,250 po lávku do Kateřinek km 36,740
19. Úsek navrhované pravobřežní výsadby vedený v nábřežních zdech od odbočení městského náhonu po most na Ratibořské ulici km 36,480
20. Umístění navrženého amfiteátru (nábřežních teras) se zpevněnou bermou a členěnou kynetou
21. Příklad možného stavebního řešení teras - revitalizace rybníka Pustá Polom
22. Umístění současných schodů v levobřežní opěrné zdi na Hozově nábřeží a místo v pravobřežní opěrné zdi na ulici Vodní, kde se navrhuje obdobné opatření
23. Topologie říční kostry jako podklad sestavení modelu intravilánu Opavy
24. Zobrazení příčného profilu pod lávkou do Kateřinek km 36,700 bez účinku protipovodňových opatření na horní Opavě a s účinkem údolní nádrže Nové Heřminovy
25. Axonometrie vybraného úseku prodloužená Rolnická – lávka Kolofíkovo nábřeží

Seznam příloh

1. Situace navržená výsadba břehových porostů, umístění příčných řezů
2. Podélný profil navržená výsadba břehových porostů a stavebně-technických opatření
3. Vzorové příčné řezy s navrhovanými opatřeními
4. Souhrnné tabelární výstupy hydrotechnického posouzení lokality